

## 木の断熱効果 in Akita

システム科学技術学部 建築環境システム学科

1 年 井上智美

1 年 鈴木菜摘

1 年 樋口真由

指導教員

システム科学技術学部 建築環境システム学科

教授 板垣直行

教授 長谷川兼一

### 1. はじめに

初めて暮らす東北で気温の低さと風の強さを実感し、できるだけ暖かく過ごしたいと思ったのが研究をするきっかけである。また木に興味があり、木材の断熱効果の可能性に迫るべく、研究テーマを決定した。

### 2. 断熱材とは

断熱材には、冬は暖かく、夏は涼しく快適に暮らすために熱の流入を断つ役割がある。

断熱を考える上で重要なのは、壁の材料の熱伝導率と厚さである。熱伝導率とは熱移動の起こりやすさを表す係数のことである。一般的には密度が小さいと熱伝導率も低く、断熱性が高いと言えるが、断熱の働きをしているのは空隙の空気なので、同じ密度でも、空気が移動し難い、細かな空隙を持つ材料の方が断熱性能が高い。また材が持つ断熱性能を最大限に発揮させるためには、隙間なく施工する必要がある。

無機系断熱材には、グラスウールやロックウールがある。グラスウールは耐火性があり、安価である。マット状とボード状の

ものがあり、ボード状のものは外断熱に使用する。ロックウールもグラスウールと同様に耐火性がある。プラスチック系断熱材には、押出し法ポリスチレンフォームや硬質ウレタンフォームがある。これらは、外張りや外断熱に適する。押出し法ポリスチレンフォームは剛性があるため潰れにくい。硬質ウレタンフォームは熱伝導率が極めて小さいガスを気泡に封入しており、ボード状と現場発泡の2種類がある。自然素材系断熱材には、セルロースファイバーや木質繊維ボードがある。セルロースファイバーは、吸放湿特性により結露しにくい特徴がある。木質繊維ボードは熱容量が大きく、蓄熱的な性能が期待できる。また、木材を繊維化しているため、普段廃棄される木の端材や皮などのリサイクルにつながる。

### 3. 木を断熱材とする構法

木造断熱工法の種類には、充填断熱工法や外張り断熱工法、付加断熱工法がある。充填断熱工法は、主に繊維系の断熱材を使い、構造部材間を充填する。外張り断熱工法は、発泡系などボード状の断熱材を外層

下地の外に張り付けて覆う方法である。付加断熱工法は、充填断熱工法と外張り断熱工法を併せた工法で、寒冷地向けである。

木造には様々な構法があるが、一般在来構法壁は、内装下地の石膏ボードと外装下地の合板の間にグラスウールなどの充填断熱材や間柱があり、また外層下地の外側に、外張りの断熱材や通気層を設けて、その外側に外層仕上げを施している。通気層を取ることで壁内の水蒸気を外部に出すと共に、外壁からの熱気を室内に伝えないようにすることができる。

これに対して縦ログ構法壁は、木材のみの縦ログ壁パネルの外側に通気層を設け、その外に外層の板壁を設けており、木材が断熱の役割を果たしている。東日本大震災時には丸太組構法（ログハウス）による木造応急仮設住宅が建てられた。ログハウスは内外装材や断熱材、構造材を兼ねており快適な居住性がある。縦ログ構法は、その特徴を持ちつつ、解体性と再利用性を高めた構法として開発された。本学にはこの縦ログ構法を用いた応急仮設住宅モデルハウスが建設されている。（図 1 参照）

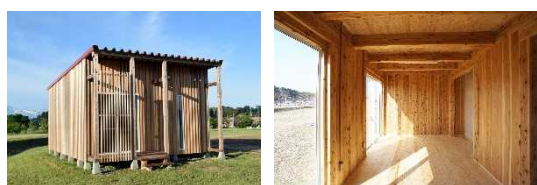


図 1 応急仮設住宅モデルハウス

#### 4. 断熱性能実験

縦ログ応急仮設住宅のモデルハウスと 5 つの壁試験体を用いて、2 つの断熱性能実験を行った。その結果を以下にまとめる。

#### 4.1 気密性能測定

##### 1) 縦ログ構法の課題

縦ログ構法は乾燥収縮によって隙間が発生するため、気密性能が低下し、本来の断熱性を発揮できない可能性があることが課題となっている。

##### 2) 目的

縦ログ応急仮設住宅の気密性能の調査と、気密性能の向上について検討するため。

##### 3) 測定方法

日本工業規格に準拠した送風機による気密性能測定を、本学敷地内に建設された縦ログ応急仮設住宅のモデルハウスで夏季、冬季の 2 回行う。

- ① 室内側からビニールシートで断熱境界面を覆い、住宅内への外気の流入を防ぐ。
- ② 屋内に送風機を設置し、建物内の空気を外に排出する。
- ③ ビニールシートを開口部、外壁、床、天井の順に外し、それぞれの段階で隙間面積を測定し、その差から 14 の部位それぞれの気密性能の評価を行う。

##### 4) 測定結果

夏季の部位別試験結果で隙間面積が大きかった箇所を冬季でも測定し、比較した。その結果を表 1 にまとめた。

表 1 部位別試験結果(夏季・冬季)

測定部位	部位別隙間	部位別隙間	比較
	面積(夏季)	面積(冬季)	
シートなし	46	76	1.65
東側側面	5.17	6.5	1.26
桁・パネル間	2.67	16	5.99

また、夏季・冬季の最終的な相当隙間面積 C 値を表 2 にまとめ、平成 11 年度秋田県省エネ基準値と比較した。

表2 C値(夏季・冬季)

	夏季	冬季	基準値
C値	1.32	2.18	2

表1より、冬季の部位別隙間面積は夏季に比べて全体的に増えており、特に桁・パネル間では約6倍となっていた。表2より、基準値を達成している夏季に対して冬季は基準値を超えてしまった。夏季よりも乾燥している冬季に隙間面積が増え、C値が基準値を超えてしまったため、乾燥収縮が大きく影響していると考えられる。今後、縦ログ構法における乾燥収縮の対策について検討する必要がある。

## 4.2 熱貫流率試験

### 1) 熱貫流率とは

熱貫流率とは、建物の壁、床、窓などの複合材料の断熱性能を表すもので、一般的に熱貫流率が小さいほど熱を通しにくく、断熱性能が優れている。

### 2) 目的

この試験では、5つの壁試験体を用いて熱貫流率を測定する。また、その結果から断熱性能の優劣を検討する。

### 3) 試験体について

試験体は以下の5つを用いる。

- ① CLT (Cross Laminated Timber)
- ② 縦ログ壁パネル外装有り
- ③ 縦ログ壁パネル外装無し
- ④ 一般在来構法 (グラウール 16k・100mm 充填)
- ⑤ 段ボール

スギ板材を組み合わせて接着したCLTと縦ログ構法壁の外装材の有無、一般在来構法、段ボールを利用した壁の5つとした。

段ボールについては、木を原料とした身近にあるものを考えたときに、その断熱性能に興味を持ったため部材として選んだ。また、自分達でコスト、密度、耐久性を考え、図のようにハニカム状に設計した。

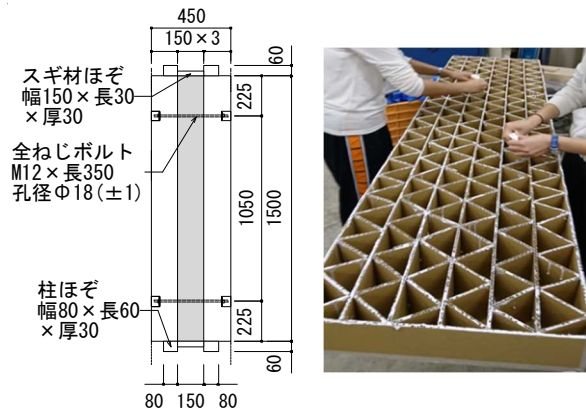


図2 縦ログ壁パネル(左)と段ボール(右)試験体

### 4) 試験方法

環境試験室の間に5つの試験体をまとめた壁パネルユニットを設置し、室内側と屋外側に分ける。室内側は10℃、屋外側は40℃に設定し、温度差をつける。5つの試験体の室内側・屋外側の表面温度をそれぞれ10分ごとに記録する。熱貫流率は、表面温度が安定していたときの記録1時間分について試験体を通過した熱流束の平均値から求める。

### 5) 試験結果

試験結果を以下の表3にまとめた。

表3 熱貫流率試験結果

	CLT	縦ログ外装有	縦ログ外装無	一般在来	段ボール
熱流束平均値	-0.40	-0.31	-0.30	-0.29	-0.79
熱流束補正後値	29.63	15.40	28.90	17.50	51.93
温度差	27.03	26.70	25.51	27.30	18.22
熱伝導率	0.20	0.11	0.17	0.11	0.34
熱貫流率	1.10	0.58	1.13	0.64	2.85

縦ログ壁パネル外装有りと一般在来構法の

熱伝導率が、小さい値になった。これより、厚い木を用いることで、断熱性能の高いグラスウールと同等の性能が得られることが明らかとなった。CLT と縦ログ壁パネル外装なしの壁がスギ材の一般的な熱伝導率値 0.12 より大きな値となってしまった原因として、木材同士に隙間が生じており断熱性能が損なわれてしまったことが考えられる。段ボールについては、細かく区切ったが、空気の移動を妨げる大きさには至らなかったと考えられる。

それぞれの熱貫流率を比べてみると、縦ログ壁パネル外装有りの断熱性能が最も優れており、応急仮設住宅の壁として有効であることが確かめられた。

#### 5. 縦ログ応急仮設住宅をモデルとしたシミュレーション

Solar designer というソフトウェアを使って、縦ログ応急仮設住宅のモデルシミュレーションを行った。このシミュレーションシステムでは、人や家具から発生する熱を考慮した上で、1 日の室内温度の変化を月ごとに算定できる。これを用いて、さらに外張りや外断熱に適する押出し法ポリスチレンフォームを壁、天井、床にそれぞれ 30mm 加え、どの箇所に追加することが最適であるか、シミュレーションを行った。その結果を以下の表にまとめた。

表 4 住宅シミュレーション

	室内温度	モデル	壁+30*	天井+30*	床+30*
1月	最低(°C)	3.66	4.91	4.4	3.61
	最高(°C)	11.6	11.55	11.58	11.6
	平均(°C)	6.81	7.64	7.3	6.76
8月	最低(°C)	27.1	28.5	27.8	27.3
	最高(°C)	37.4	37.04	37.13	37.63
	平均(°C)	31.5	32.29	31.97	31.72

\*+30：押出し法ポリスチレンフォーム 30 mm を付加

表 4 より、室内の最高温度は全体的に変わらないため、最低温度と平均温度で比較した。すると、床に関してはほとんど変化がなく、3 箇所の中では壁に最も効果が現れた。また、断熱材を加えると夏の室内温度も上がってしまうが、これは空調などを用いていないため、熱が逃げにくくなっているためと言える。したがって冬季・1 月の最低温度の数値を優先すべきと考えた。これらより、壁に押出し法ポリスチレンフォームを 30mm 加えることで断熱性をより高めることができる。

#### 6. まとめ

縦ログ構法は乾燥収縮によって隙間が生じるため、木材のみでの断熱には限界がある。そこでグラスウールなどの断熱材を使用すれば、より断熱効果を発揮できる。また木質繊維ボードという断熱材を用いれば、高い断熱性を持った建物を木材だけで建てられるかもしれない。しかし、それでどれ程の断熱効果が得られるか、コストとの兼ね合いなどわからないので調べてみたい。今回の研究を通して、木材の断熱効果の調査にとどまらず、木造の建物としての断熱効果の可能性に迫ることができた。

#### 【参考文献】

- 1) 木材の調湿・断熱効果(兵庫県森林技術センター)  
[hyogo-nourinsuisangc.jp/sinrin/images/nagai2007.pdf](http://hyogo-nourinsuisangc.jp/sinrin/images/nagai2007.pdf)
- 2) 熱貫流率試験(日本建築総合試験所)  
[http://www.gbrc.or.jp/assets/test\\_series/documents/he\\_02.pdf](http://www.gbrc.or.jp/assets/test_series/documents/he_02.pdf)
- 3) 熱伝導率試験(日本建築総合試験所)  
[http://www.gbrc.or.jp/assets/test\\_series/documents/he\\_03.pdf](http://www.gbrc.or.jp/assets/test_series/documents/he_03.pdf)